

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 15 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20686015

研究課題名（和文） 大気乱流中の雲とエアロゾルを通しての太陽光による熱エネルギー伝達メカニズムの解明

研究課題名（英文） Heat transfer mechanism on solar radiation through clouds and aerosols in atmospheric turbulence

研究代表者

黒瀬 良一（KUROSE RYOICHI）

京都大学 大学院工学研究科・准教授

研究者番号：70371622

研究分野： 流体工学

科研費の分科・細目： 機械工学・流体工学

キーワード： 環境流体、乱流、混相流、雲物理

1. 研究計画の概要

近年、大気海洋大循環モデル（GCM）を用いて地球の温暖化を予測するための研究が国内外で活発に進められているが、その信頼性は必ずしも高くはない。その原因として指摘されている項目の中で最も重要なものは、地球全体の熱収支に及ぼす雲の影響が正確に評価できていないことである。そこで本研究では、太陽光による熱エネルギーの大気乱流中における反射・吸収・透過プロセスに及ぼす雲の影響を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の進捗状況

(1) 単一液滴（雲粒子）：

蒸発を伴う単一液滴の内外部流れを解くための三次元直接数値シミュレーション（DNS）コードを開発した。また、本コードを用いた数値解析および風洞実験を実施することにより以下の知見を得た。

- ① 水分の蒸発量は液滴の後方部よりも前方部の方が多く、この傾向は Reynolds 数が大きいほど顕著になる。これは、液滴の背後に発生する渦に起因する。
- ② 霧囲気湿度は液滴に対する Sherwood 数および Nusselt 数に影響を及ぼさない。
- ③ 液滴球に作用する抗力係数 C_D の値は、液滴球と周囲気体の温度が同じ場合に比べて、液滴球が高温の場合は Ri 数の増加にしたがって増加するが、低温の場合は減少する。
- ④ 液滴球一周流間の温度差は、剥離点の位置、後流渦の形状、および Strouhal 数にも影響を及ぼす。

(2) 分散二相乱流：

太陽光による熱エネルギーの反射・吸収・透過プロセスを模擬可能な三次元直接数値シミュレーション（DNS）コードを開発した。また、本コードを用いた数値解析を実施することにより以下の知見を得た。

- ① 液滴に吸収されない可視光線の場合、液滴のクラスタリングによって雲の透過率や反射率はほとんど変化しないが、透過率のうち液滴により散乱されずに透過する割合は増加する。
- ② 液滴に吸収される赤外線の場合、液滴のクラスタリングによって雲の透過率が増加し、反射率が減少する。
- ③ 乱流 Reynolds 数の増加に伴い、液滴のクラスタリングによる透過率の増加および反射率の減少は抑制される。
- ④ 液滴によるマイクロ波の散乱強度は、液滴のクラスタリングによって著しく増加する。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）

既に、流体力学分野で最も権威のある学術雑誌の 1 つである Journal of Fluid mechanics を含め 2 報の学術雑誌に研究成果を発表済みである。さらに、現在、ごく最近の研究成果を 2 報の学術雑誌へ投稿すべく準備中である。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 単一液滴（雲粒子）：

浮力の影響を簡易的に考慮する際に良く用いられるブジネスク近似の妥当性を、DNS と

の比較によって詳しく調査する。具体的には、浮力が液滴に働く抗力、Nusselt 数、剥離位置、および渦特性に及ぼす影響を Reynolds 数や液滴・空気間の温度差を変化させて詳しく調べ、これらの挙動をブジネスク近似がどの程度再現可能か評価する。

(2) 分散二相乱流：

乱流中における放射エネルギーの反射・吸収・透過率やマイクロ波の散乱強度に及ぼす液滴径などの影響について検討する。また、本研究で得られた知見を Large-eddy Simulation (LES) により再現された実環境スケールの対流雲に適用し、実環境において乱流による液滴のクラスタリングやエアロゾル濃度が放射エネルギーの輸送やマイクロ波の散乱に及ぼすインパクトの評価を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① A. Fujita, R. Kurose, S. Komori, “Experimental study on effect of relative humidity on heat transfer of an evaporating water droplet in air flow”, *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 36, pp. 244-247 (2010). 査読有
- ② R. Kurose, A. Fujita, S. Komori, “Effect of relative humidity on heat transfer across the surface of an evaporating water droplet in air flow”, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 624, pp. 57-67 (2009). 査読有

[学会発表] (計 5 件)

- ① K. Matsuda, R. Onishi, R. Kurose, S. Komori, “Turbulence effect on radiative transfer in clouds”, *The Seventh International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP7)*, Toronto, Canada, 2011. 7. 28-31 (accepted).
- ② 松田景吾, 大西領, 黒瀬良一, 小森悟, 「雲の放射特性に及ぼす乱流の影響」, 第 24 回数値流体力学シンポジウム, 慶應義塾大学日吉キャンパス, 2010. 12. 22.
- ③ K. Matsuda, R. Kurose, S. Komori, “Effect of turbulence on radiative transfer in clouds”, *The Tenth Kyoto-Seoul National-Tsinghua University Thermal Engineering Conference*, Tsinghua University,

Beijing, China, 2010. 10. 23.

- ④ 穴見真実子, 藤田彰利, 黒瀬良一, 小森 悟, 「球周りの流れ特性に及ぼす熱移動の影響」, 日本流体力学会年会 2010, 北海道大学, 2010. 09. 10 .
- ⑤ 松田景吾, 黒瀬良一, 小森 悟, 「分散系二相乱流場の放射伝達シミュレーション」, 化学工学会第 75 年会, 鹿児島大学郡元キャンパス, 2010. 3. 18.

[図書] (計 1 件)

- ① 藤田彰利, 黒瀬良一, 小森 悟, 「微小単一液滴の蒸発・流動・伝熱挙動」, 微小液滴の物性制御と吐出・衝突・蒸発メカニズム、挙動解析 事例集, 技術情報協会, 281-291, 2009.

[その他]

ホームページ

<http://www.fluid.me.kyoto-u.ac.jp/members/kurose/kurose.html>